

Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud. 2016;14(1):50-56
[http://dx.doi.org/10.18004/Mem.iics/1812-9528/2016.014\(01\)50-056](http://dx.doi.org/10.18004/Mem.iics/1812-9528/2016.014(01)50-056)

Artículo Original/ Original Article

Evaluación de la extrusión del agente irrigante de acuerdo a la técnica de irrigación en dientes humanos, ex vivo

Ester Ramos^I, Carlos G. Adorno^{II}

I Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Caaguazú. Coronel Oviedo, Paraguay.

II Dirección de Investigación, Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Asunción. Asunción, Paraguay.

**Cómo referenciar este artículo/
How to reference this article:**

Ramos E, Adorno CG. Evaluación de la extrusión del agente irrigante de acuerdo a la técnica de irrigación en dientes humanos, ex vivo. Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud. 2016;14(1):50-56

RESUMEN

El agente irrigante debería alcanzar la totalidad del conducto radicular, inclusive las zonas más apicales, para mejor la limpieza y desinfección. Sin embargo existe el riesgo de la extrusión del mismo a los tejidos periapicales. El presente estudio con diseño experimental tuvo el objetivo de evaluar la extrusión apical del agente irrigante endodóntico de acuerdo a la técnica de irrigación durante la irrigación final en dientes naturales, ex vivo. Se utilizaron 46 dientes anterosuperiores naturales extraídos con conducto único y las raíces se sumergieron en una gelatina conductora incolora. Una aguja de irrigación/aspiración fue colocada a 2 mm de la longitud de trabajo y se irrigaron los conductos con una solución de contraste a 4 ml/min durante 60 s. En 18 dientes se utilizó la técnica de irrigación por jeringa y en los 18 restantes se utilizó la técnica por presión negativa. Los controles positivos y negativos estaban compuestos por 5 dientes cada uno. Se evaluaron presencia y área de extrusión. La prueba χ^2 encontró una asociación estadísticamente significativa ($p < 0,001$) entre la presencia de extrusión y la técnica de irrigación. El área mediana de extrusión provocada por irrigación por jeringa ($0,645 \text{ mm}^2$) fue estadísticamente mayor a la provocada por la irrigación por presión negativa (0 mm^2) (U Mann Whitney, $p < 0,001$). Se concluyó que la irrigación por presión negativa produce menos extrusión de la solución irrigante, no sólo en frecuencia sino también en área de extrusión comparado con la irrigación por jeringa.

Palabras Clave: Irrigación por presión negativa; Irrigación por jeringa; extrusión, endodoncia, conductos radiculares.

Irrigant extrusion according to irrigation technique in human teeth, ex vivo

ABSTRACT

Root canal irrigants should be able reach the entire root canal system, including the most apical portions, in order to achieve better cleaning and disinfection. However, there exists a risk of irrigant extrusion to the periradicular area. The present study had an experimental design with the purpose of evaluating irrigant apical extrusion of the endodontic irrigant according to the irrigating technique during final irrigation y extracted human teeth, ex vivo. Forty six anterior upper single canaled teeth were used and the roots were embedded into a conducting transparent gel. An irrigating/aspirating needle was placed 2 mm from working length and irrigation was performed with a contrast solution at 4 ml/min during 60 s. Eighteen teeth were used for syringe irrigation and negative pressure irrigation each.

Fecha de recepción: noviembre 2015. Fecha de aceptación: febrero 2016

Autor correspondiente: **Carlos G. Adorno.** Dirección de Investigación, Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Asunción.

Email: cgadorno@odo.una.py

Additionally, 5 teeth were used for positive and negative controls, each. The presence and extrusion area were evaluated. The Chi² test found a statistically significant association ($p < 0,001$) between extrusion and irrigation technique. The median area of extrusion by syringe irrigation ($0,645 \text{ mm}^2$) was statistically greater than that by negative pressure irrigation (0 mm^2) (Mann Whitney U, $p < 0,001$). In conclusion, the frequency and extent of extrusion caused by negative pressure irrigation was less compared to syringe irrigation.

Keywords: Negative pressure irrigation, Syringe irrigation, Extrusion, Endodontics, Root canals.

INTRODUCCIÓN

La eliminación de las bacterias viables, toxinas microbianas, restos de tejidos orgánicos y detritus dentinarios del sistema de conductos radiculares puede lograrse por medio de la irrigación (1). Sin embargo la morfología de estos sistemas dificulta el total desbridamiento del contenido del conducto, debido a que la instrumentación sola no logra tocar toda la superficie de las paredes del sistema de conductos radiculares (2). Por esta razón, la preparación mecánica debe ser apoyada por la irrigación del conducto radicular con soluciones desinfectantes y quelantes durante el tratamiento. Asimismo, el ensanchamiento de los conductos durante la instrumentación permite que las soluciones irrigadoras alcancen las zonas más profundas del sistema de conductos radiculares (3).

La efectividad y seguridad de la irrigación depende de cómo se realice (4). Es importante que los irrigantes alcancen el tercio apical radicular y la mejor manera de lograr esto es utilizar agujas irrigadoras de menor calibre, ubicadas lo más cerca posible de la longitud de trabajo (LT) y ensanchando la zona apical a un tamaño mínimo del conducto apical de $0,3 \text{ mm}$ de diámetro (5). La dificultad para irrigar el área apical del conducto radicular ha llevado al desarrollo de varias técnicas innovadoras que facilitan la penetración de las soluciones (4). Por otra parte si no se logra un balance entre la seguridad y efectividad, la irrigación del sistema de conductos radiculares puede producir la extrusión del irrigante a la región periapical y las consecuencias adversas asociadas a ella (6,7).

Las técnicas de presión apical negativa facilitan una mejor limpieza (8), desinfección (9), menor dolor posoperatorio (10) y menos extrusión apical del irrigante (11–13) en comparación con la irrigación por jeringa. Además, permite un mayor volumen del irrigante (14,15) y un mejor desbridamiento (16) de la porción apical del conducto radicular. Hasta la fecha, la mayoría de las publicaciones sobre la eficacia de la irrigación por presión negativa fueron utilizando la EndoVac (EV) (SybronEndo, Orange, CA). Una nueva aguja (aguja INP, Mikuni Fine Engineering Inc., Nagano, Japón) utiliza el mismo concepto de irrigación por presión negativa pero con un diseño diferente (15). El objetivo de este estudio fue evaluar la extrusión apical del agente irrigante endodóntico de acuerdo a la técnica de irrigación durante la irrigación final en dientes naturales, ex vivo. La hipótesis nula fue que no había diferencias entre ambas técnicas en cuanto a la frecuencia y área de extrusión.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio se utilizaron las raíces de dientes anterosuperiores naturales extraídos con conducto único. Los dientes, provenientes del banco de dientes de la Facultad de Odontología, Universidad Nacional de Caaguazú fueron inspeccionados previamente, visualmente para observar caries radicular, líneas de fractura, reabsorción apical y radiográficamente calcificaciones, tratamiento de conducto previo y reabsorciones internas. Los dientes que no presentaron ninguno de los hallazgos anteriormente mencionados fueron preseleccionados y almacenados en agua. La estimación del tamaño de la muestra fue calculada con el software de G*Power 3.1.9.2, en base a la variable área de extrusión, estimándose que un total de 34 dientes (2 grupos de 17 dientes cada uno) sería necesario para detectar un tamaño de efecto igual a 1 por medio de la prueba t de student con poder estadístico de 80% y con un error tipo I de 0,05 (a dos colas). Finalmente fueron utilizados 18 dientes para cada grupo experimental y 5 dientes para los controles positivos y negativos, cada uno.

Preparación del diente

La corona de cada diente fue seccionada horizontalmente dejando el tercio cervical de la misma con el fin de garantizar el acceso en línea recta y proporcionar un depósito para la solución irrigante. La superficie incisal plana sirve como referencia para la determinación de la longitud de trabajo (LT). La longitud del conducto de cada diente se midió mediante la inserción de una lima K #08 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suiza) en el conducto hasta observar la punta de la lima en el foramen apical y la LT se determinó restando 1 mm a la longitud del conducto. Los conductos fueron ampliados hasta el tamaño 40/0,04 de conicidad usando limas rotatorias de la marca ProFile™ NiTi (Dentsply Maillefer). Para asegurar la permeabilidad y estandarizar el tamaño del foramen apical, se introdujo una lima tipo K #25/0,02 de conicidad hasta 1 mm más allá del foramen apical.

Después de lavar cada conducto con agua destilada, un cono de gutapercha de tamaño 40/0,04 de conicidad fue insertado en el conducto hasta la LT para evitar la invasión de la gelatina incolora en el conducto. A continuación, cada diente se fijó a un frasco de vidrio transparente con resina autopolimerizable. Luego, el frasco fue llenado con gelatina líquida de tal forma que la raíz quedara completamente cubierta. Después de endurecer la gelatina, se retiró el cono de gutapercha. Los dientes fueron asignados aleatoriamente cada uno de los grupos

Procedimientos de irrigación

Una solución de contraste (SC) fue preparada usando 10 ml de detector de caries (S rojo ácido 52, Visucarie, Maquira, Maringá, Brasil) mezclado con 1 L de solución salina (15). La aguja de presión negativa intracanal (iNP) (Mikuni Fine Engineering Inc., Nagano, Japón) colocada a 2 mm de LT se utilizó tanto para presión negativa e irrigación por jeringa con el fin de evitar variables de confusión relacionadas con el diseño de la aguja.

Irrigación por presión negativa: La aguja iNP colocada a 2 mm del LT estaba conectada a la línea de succión del sillón dental, calibrada a -21 kPa. La SC fue depositada en la cámara pulpar a una velocidad flujo de 4 ml/min durante 60 s.

Irrigación por jeringa: Igual que en la presión negativa, salvo que la aguja iNP colocada a 2 mm de la longitud de trabajo fue conectada a la bomba peristáltica y la aguja de aspiración colocada en la entrada del conducto.

Las raíces de los controles negativos fueron pintadas con dos capas de esmalte para uñas antes de colocarlos en la gelatina para cerrar toda vía que pueda comunicar el conducto con la gelatina. En cambio, los controles positivos fueron irrigados igual que la irrigación por jeringa salvo que la aguja se profundizó hasta encontrar resistencia y disminuir así el espacio de reflujo.

Inmediatamente después de los procedimientos de irrigación fue tomada una imagen digital estandarizada con una lente macro (EF 100 mm f/2,8 USM, Canon Inc., Tokio, Japón) unida a una cámara digital réflex (Canon Rebel T3; Canon Inc.) fijada a una distancia de 15 cm. El frasco se colocó delante de un fondo blanco que fue iluminado con un dispositivo de luz LED. Cuando se observaba la extrusión, el frasco se colocaba de manera que el área más grande de extrusión podría ser fotografiada; si no se observaba extrusión el diente era fotografiado desde una proyección bucal/lingual. Las imágenes fueron analizadas con el software ImageJ (National Institute of Health, Bethesda, MD, Estados Unidos de América) para determinar la presencia de extrusión y luego para calcular el área de extrusión, si estaba presente.

La variable independiente fue el tipo de irrigación y las variables dependientes fueron la frecuencia de extrusión de SC y el área de extrusión. Para determinar asociación entre el tipo de irrigación y la frecuencia de extrusión se utilizó la prueba del χ^2 . Se corroboró que los datos no estaban distribuidos normalmente (Prueba de Shapiro-Wilk; $p < 0,005$), y por medio de la inspección de los histogramas se observó que las distribuciones de los datos no eran similares; por lo cual se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para determinar diferencias significativas entre las áreas de extrusión provocados por las dos diferentes técnicas de irrigación; fijándose el nivel de significancia en 0,05. Se utilizó el paquete estadístico R versión 3.2.1. (17) para los análisis estadísticos.

RESULTADOS

Se observó extrusión en todos los controles positivos pero no se observó extrusión en ninguno de los controles negativos. La frecuencia de extrusión se muestra en la Tabla 1. La prueba del χ^2 encontró una fuerte asociación ($\phi=0,723$), estadísticamente significativa ($p < 0,001$), entre la frecuencia de extrusión y el tipo de irrigación. El área mediana de extrusión provocado por irrigación por jeringa ($0,645 \text{ mm}^2$) fue estadísticamente mayor al provocado por la irrigación por presión negativa (0 mm^2) (U Mann Whitney, $p < 0,001$, $r=0,753$ (magnitud del efecto)). Imágenes representativas pueden observarse en la Figura 1.

Tabla 1. Frecuencia de extrusión y mediana, Q1 y Q3 del área de extrusión de acuerdo con el tipo de irrigación.

Tipo de irrigación	Extrusión ^a	Mediana (Q ₁ y Q ₃) del área de extrusión (mm ²) ^b
Irrigación por jeringa	15/18 (83,3%)	0,65 (0,24 – 1,05)
Irrigación por presión negativa	2/18 (11%)	0 (0 – 0)

^a χ^2 , $p < 0.001$

^b U de Mann Whitney, $p < 0.001$

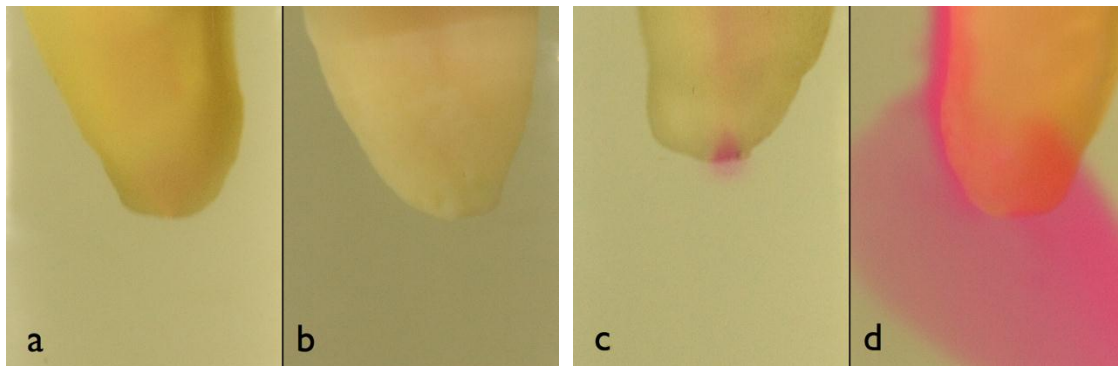


Figura 1. (a) Imagen representativa del diente antes de los procedimientos de irrigación. (b) Diente irrigado por la técnica de presión negativa sin extrusión apical; (c) Diente irrigado por la técnica de presión negativa con extrusión apical; (d) Imagen representativa de la extrusión de la SC luego de ser irrigado por la técnica de irrigación por jeringa.

DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó la frecuencia y el área de extrusión de una solución de contraste utilizando dos técnicas de irrigación, *ex vivo*. Los resultados muestran que la frecuencia de extrusión, así como la extensión de la extrusión incrementan cuando se utiliza la irrigación por jeringa con una aguja de extremo abierto en comparación con la irrigación por presión negativa. Estos resultados están de acuerdo con estudios anteriores que compararon ambas técnicas de irrigación (11,12,18). El presente estudio utilizó una configuración similar a estudios anteriores (11,12), que consistía en un diente humano extraído con la raíz sumergida en un gel que simula los tejidos periapicales, y por lo tanto crea un sistema cerrado. Sin embargo, no se sabe si la resistencia ejercida por el gel es mayor, menor o igual que la ejercida por los tejidos periapicales *in vivo*. No obstante, todas las muestras fueron afectadas por igual. En contraste con estudios anteriores, donde el área decolorada

representaba la extrusión del irrigante utilizado, el presente estudio utilizó una solución de contraste y las áreas coloreadas representaban la extrusión (Figura 1c, d). La viscosidad dinámica, la tensión superficial y la densidad de la solución resultante fueron 1.245 mPa.s, 0,079 N/m y 1.005 kg/m³, según lo reportado por Adorno et al. (15). La SC tiene una viscosidad dentro del rango reportado por Bukiet et al. (19) para el hipoclorito de sodio, pero menor densidad (20). Otra limitación de este estudio fue que se midió la extrusión de la SC en una superficie de dos dimensiones y no el volumen real de SC extruido. Aunque el montaje de las piezas dentarias en el gel transparente permite la grabación de una imagen del área de extrusión más grande, no puede hacerse una correlación precisa con el volumen real de SC extruido.

El diseño experimental permitió una comparación directa entre irrigación por jeringa y por presión negativa, manteniendo constantes otros factores que anteriormente se han demostrado que afectan la extrusión, como el tamaño de la constricción apical (21), el tamaño de la preparación apical (12), el diseño de la aguja (21-23), distancia de la punta de la aguja a la longitud de trabajo (24) y la velocidad de flujo de irrigación (24). Como el diseño y el tamaño del orificio de salida de la aguja pueden afectar la velocidad de la solución irrigante al salir de la aguja, la misma aguja fue utilizada para la irrigación por jeringa y la irrigación por presión negativa. De esta manera se evitó la introducción de variables de confusión. El volumen de SC que fluyó por la región apical del conducto radicular se consideró igual en ambos grupos porque ningún desbordamiento se observó durante la irrigación por presión negativa. Un estudio reciente (25) reportó que un volumen mediano de 4 ml alcanzó la región apical cuando se utilizó una velocidad de flujo de 4 ml/min. Una velocidad de flujo de 4 ml/min puede parecer baja teniendo en cuenta reportes de velocidades de flujos utilizadas por clínicos que presentan una media de 17,4 y 13,2 ml/min con agujas de calibre 27 y 30, respectivamente. Sin embargo, el aumento de la velocidad de flujo da lugar al aumento de la presión apical independientemente del diseño de la aguja (26,27) y el aumento de extrusión (24). Por lo tanto la velocidad de flujo utilizada en el presente estudio se decidió con base al estudio realizado por Park et al (26), quienes reportaron que las velocidades de flujo más allá de 4 ml/min aumentan la presión apical pero no el reemplazo del agente irrigante.

Aunque se observó extrusión utilizando ambas técnicas de irrigación (Tabla 1), la frecuencia de extrusión fue significativamente mayor para la irrigación por jeringa, lo que está de acuerdo con estudios anteriores (11-13,18). Además, el área de extrusión fue también significativamente mayor usando la irrigación por jeringa, resultado similar a lo reportado por estudios anteriores (11,12,18). Sin embargo, una comparación directa con estudios anteriores es difícil porque diferentes métodos fueron empleados para realizar las mediciones en cada estudio. Un estudio reciente (28) introdujo un método de cuantificación de la extrusión por medio de una sonda de conductividad. La sonda de conductividad medía los niveles de electrolitos provenientes de la solución irrigadora (NaOCl) durante la irrigación permitiendo registrar los aumentos y así determinar la ocurrencia de extrusión del hipoclorito de sodio. La utilización de este método reveló mayores detalles y precisión pero los resultados no fueron muy diferentes a lo reportado anteriormente.

Existen varios casos clínicos que reportaron los efectos adversos del hipoclorito de sodio accidentalmente extruido hacia el periápice (6,29). Según una encuesta (30) realizada a 314 diplomados de la *American Board of Endodontics*, 132 reportaron que al menos una vez experimentaron un accidente por extrusión de NaOCl y los accidentes ocurrieron más frecuente en pacientes mujeres, en dientes maxilares y en dientes posteriores. Sin embargo, a pesar de ser una encuesta con diseño retrospectivo donde los participantes tuvieron que recordar eventos pasados, los participantes pueden considerarse clínicos bien entrenados en la realización de tratamientos de conductos. Una encuesta realizada a odontólogos que realizan tratamientos de conductos sin especialización o sin entrenamiento clínico de nivel posgrado en endodoncia podría arrojar diferentes resultados.

Dentro de las limitaciones del presente estudio se puede concluir que la irrigación por presión negativa produce menos extrusión de la solución irrigante, no sólo en frecuencia sino también en área de extrusión comparado con la irrigación por jeringa.

Agradecimientos

Los autores agradecen la valiosa colaboración del Dr. David Talavera por las imágenes digitales tomadas durante los procedimientos de irrigación.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1998 Jan;85(1):86-93.
2. Peters OA, Schönenberger K, Laib A. Effects of four Ni-Ti preparation techniques on root canal geometry assessed by micro computed tomography. *Int Endod J.* 2001;34(3):221-30.
3. Clegg MS, Vertucci FJ, Walker C, Belanger M, Britto LR. The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. *J Endod.* 2006;32(5):434-7.
4. Haapasalo M, Shen Y, Qian W, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Dent Clin North Am.* 2010;54(2):291-312.
5. Khademi A, Yazdizadeh M, Feizianfard M. Determination of the minimum instrumentation size for penetration of irrigants to the apical third of root canal systems. *J Endod.* 2006;32(5):417-20.
6. Behrents KT, Speer ML, Noujeim M. Sodium hypochlorite accident with evaluation by cone beam computed tomography. *Int Endod J.* 2012;45(5):492-8.
7. Zhu W-C, Gyamfi J, Niu L-N, Schoeffel GJ, Liu S-Y, Santarcangelo F, et al. Anatomy of sodium hypochlorite accidents involving facial ecchymosis-A review. *J Dent.* 2013;41(11):935-48.
8. Shin S-J, Kim H-K, Jung I-Y, Lee C-Y, Lee S-J, Kim E. Comparison of the cleaning efficacy of a new apical negative pressure irrigating system with conventional irrigation needles in the root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010;109(3):479-84.
9. Miller TA, Baumgartner JC. Comparison of the antimicrobial efficacy of irrigation using the EndoVac to endodontic needle delivery. *J Endod.* 2010;36(3):509-11.
10. Gondim E Jr, Setzer FC, Dos Carmo CB, Kim S. Postoperative pain after the application of two different irrigation devices in a prospective randomized clinical trial. *J Endod.* 2010;36(8):1295-301.
11. Fukumoto Y, Kikuchi I, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. An ex vivo evaluation of a new root canal irrigation technique with intracanal aspiration. *Int Endod J.* 2006;39(2):93-9.
12. Mitchell RP, Baumgartner JC, Sedgley CM. Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. *J Endod.* 2011;37(12):1677-81.
13. İriboz E, Bayraktar K, Türkaydın D, Targın B. Comparison of apical extrusion of sodium hypochlorite using 4 different root canal irrigation techniques. *J Endod.* 2015;41(3):380-4.
14. Brunson M, Heilborn C, Johnson DJ, Cohenca N. Effect of apical preparation size and preparation taper on irrigant volume delivered by using negative pressure irrigation system. *J Endod.* 2010;36(4):721-4.
15. Adorno CG, Fretes VR, Ortiz CP, Mereles R, Sosa V, Yubero MF, et al. . Comparison of two negative pressure systems and syringe irrigation for root canal irrigation: an ex vivo study. *Int Endod J.* 2016;49(2):174-83.
16. Siu C, Baumgartner JC. Comparison of the debridement efficacy of the EndoVac irrigation system and conventional needle root canal irrigation in vivo. *J Endod.* 2010;36(11):1782-5.
17. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing [Internet]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; 2015. Available from: <http://www.R-project.org/>
18. Desai P, Himel V. Comparative safety of various intracanal irrigation systems. *J Endod.* 2009;35(4):545-9.
19. Bukiet F, Soler T, Guivarch M, Camps J, Tassery H, Cuisinier F, et al. Factors affecting the viscosity of sodium hypochlorite and their effect on irrigant flow. *Int Endod J.* 2013;46(10):954-61.
20. van der Sluis LWM, Vogels MPJM, Verhaagen B, Macedo R, Wesselink PR. Study on the influence of refreshment/activation cycles and irrigants on mechanical cleaning efficiency during ultrasonic activation of the irrigant. *J Endod.* 2010;36(4):737-40.
21. Verhaagen B, Boutsoukis C, Heijnen GL, van der Sluis LWM, Versluis M. Role of the confinement of a root canal on jet impingement during endodontic irrigation. *Exp Fluids.* 2012;53(6):1841-53.
22. Shen Y, Gao Y, Qian W, Ruse ND, Zhou X, Wu H, et al. Three-dimensional numeric simulation of root canal irrigant flow with

- different irrigation needles. *J Endod.* 2010;36(5):884-9.
23. Boutsoukios C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, van der Sluis LWM. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod.* 2010;36(5):875-9.
 24. Boutsoukios C, Psimma Z, Kastrinakis E. The effect of flow rate and agitation technique on irrigant extrusion ex vivo. *Int Endod J.* 2014;47(5):487-96.
 25. Boutsoukios C, Lambrianidis T, Kastrinakis E, Bekiaroglou P. Measurement of pressure and flow rates during irrigation of a root canal ex vivo with three endodontic needles. *Int Endod J.* 2007;40(7):504-13.
 26. Park E, Shen Y, Khakpour M, Haapasalo M. Apical pressure and extent of irrigant flow beyond the needle tip during positive-pressure irrigation in an in vitro root canal model. *J Endod.* 2013;39(4):511-5.
 27. Boutsoukios C, Lambrianidis T, Kastrinakis E. Irrigant flow within a prepared root canal using various flow rates: a Computational Fluid Dynamics study. *Int Endod J.* 2009;42(2):144-55.
 28. Psimma Z, Boutsoukios C, Vasiliadis L, Kastrinakis E. A new method for real-time quantification of irrigant extrusion during root canal irrigation ex vivo. *Int Endod J.* 2013;46(7):619-31.
 29. Hülsmann M, Hahn W. Complications during root canal irrigation-literature review and case reports. *Int Endod J.* 2000;33(3):186-93.
 30. Kleier DJ, Averbach RE, Mehdipour O. The sodium hypochlorite accident: experience of diplomates of the American Board of Endodontics. *J Endod.* 2008;34(11):1346-50.